

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Національного університету

«Львівська політехніка»

проф. Іван ДЕМИДОВ

«*Іван Демидов*» 2024 р.



## ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів  
докторської дисертації

«Моделі, методи та засоби дослідження та покращення акустичних властивостей  
закритих приміщень» доцента кафедри систем автоматизованого проектування  
Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій  
Національного університету «Львівська політехніка»,  
кандидата технічних наук, доцента  
Мельника Михайла Романовича,  
представленої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.13.12 *Системи автоматизації проектувальних робіт*

Призначені рішенням Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка»  
(протокол № 17 від 26.11.2024 р.) рецензенти, а саме:

- професор кафедри систем автоматизованого проектування, д.т.н., професор  
Соколовський Ярослав Іванович;

- професор кафедри систем автоматизованого проектування, д.т.н., с.н.с. Станкевич  
Олена Михайлівна;

- професор кафедри систем автоматизованого проектування, д.т.н., професор Василів  
Карл Миколайович,

розглянувши докторську дисертацію Мельника Михайла Романовича «Моделі, методи та  
засоби дослідження та покращення акустичних властивостей закритих приміщень» (тему  
дисертації затверджено рішенням Вченої ради Національного університету «Львівська  
політехніка» (протокол № 27 від 25.10.2016 р.)), наукові публікації здобувача наукового  
ступеня доктора наук, в яких висвітлено основні результати докторської дисертації, а також  
за результатами кафедрального наукового фахового семінару Національного університету  
«Львівська політехніка» (протокол № 5 від 27.11.2024 р.), підготували висновок про наукову  
новизну, теоретичне та практичне значення докторської дисертації.

### 1. Актуальність теми дисертації

Процеси дослідження акустичних властивостей приміщень та розроблення систем  
акустометрії є багатофакторними й вимагають комплексного підходу, що охоплює аналіз  
частотних характеристик, вивчення взаємодії звукових хвиль із середовищем та дослідження  
ревербераційних процесів. Постійно зростаючі вимоги до якості акустичного середовища в  
закритих приміщеннях – від концертних залів до офісів – підкреслюють актуальність  
розробки методів, моделей і засобів автоматизації для підвищення акустичного комфорту.  
Значний внесок у цю сферу зробили українські та міжнародні вчені, які розробили  
фундаментальні принципи моделювання та вимірювання акустичних характеристик  
приміщень, створюючи основу для сучасних підходів до оптимізації звукових умов.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку акустометрії свідчить про інтеграцію  
інформаційних технологій і автоматизованих систем проектування (CAD). Ключові  
напрямки розвитку включають адаптивну акустику, технології «розумного будинку» та  
концепції Інтернету речей (IoT). Основним викликом є узгодження високої точності та

складності систем із вимогами масового виробництва, енергоефективності та мініатюризації. Це породжує необхідність розробки нових методів і моделей, які базуються на концептуальному та предметно-орієнтованому проектуванні, із урахуванням сучасних технологій злиття даних для забезпечення якості, функціональності й масштабованості сучасних систем акустометрії.

## **2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри**

Дослідження, проведені в межах даної докторської дисертації, відповідають науковим напрямкам кафедри систем автоматизованого проектування, пріоритетним напрямкам розвитку науки та техніки і підтримуються низкою міжнародних і державних наукових програм та проектів.

Зокрема, дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи (з працевлаштуванням), яка виконувалась за кошти державного бюджету:

- “Високоточні функціонально-інтегровані сенсорні пристрої для магнітної діагностики плазми” (ДБ/ВІС №0121U109618, 2021–2022).

- “Інноваційне використання твердотільних і нанокompозитних матеріалів для керування субтерагерцовим випромінюванням” (ДБ/СубТера №0119U100609, 2019–2021).

Дисертаційні дослідження виконувалися відповідно до наукового напрямку кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету “Львівська політехніка”: “Автоматизація проектування та моделювання вбудованих систем”, “Автоматизація проектування та моделювання систем “розумного будинку”.

NAWA – International Academic Partnerships Program:

- “Academic Partnership of Wroclaw University of Science and Technology” (Ref. no. PPI/APM/2018/1/00031, 2019–2022) сприяв обміну знаннями та новими технологіями між університетами, зокрема щодо застосування сучасних методів моделювання та аналізу акустичних властивостей. Це співробітництво підтримало застосування інноваційних методів автоматизації в розробці акустичних моделей.

- “Science without borders” (Ref. no. PPI/APM/2018/1/00049, 2019–2021) надало основу для створення довготривалих міжнародних контактів, спрямованих на розробку нових методів покращення параметрів приміщень за допомогою автоматизованих систем дослідження та аналізу акустики.

TEMPUS-JPCR – проект «Розробка програми для нової спеціальності: “Магістр з інженерії проектування мікросистем”» (2012–2016). Моделювання та симуляційні засоби, що були розроблені в рамках цієї програми, посприяли створенню інструментів для автоматизованого аналізу складних систем, включаючи акустичні середовища, що було застосовано в даному дослідженні.

EduMEMS – проект Developing Multidomain MEMS Models for Educational Purposes (269295, FP7-PEOPLE-2010-IRSES, 2011–2016), забезпечив обмін знаннями у розробці точних моделей складних середовищ. Розроблені підходи до моделювання знайшли своє застосування для створення акустичних моделей в автоматизованих системах проектування закритих просторів.

## **3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів**

Здобувач провів аналіз існуючих технологій автоматизованого дослідження акустичних характеристик приміщень та визначив їхні переваги й недоліки, зокрема у контексті інтеграції різних програмних засобів. Розробив інверсний метод визначення опору потокові

повітря пористих матеріалів, інформаційну модель для автоматизованого добору звукоізоляційних матеріалів, модель конвертера для експорту геометричних моделей приміщень з SketchUp в Catt-Acoustic, метод векторного імпульсно-частотного зондування приміщень, метод оптимізації процесу сигнального перетворення та метод синтезу імітаційних сигналів на базі SPICE макромоделей, що значно вдосконалюють процеси акустичного дослідження та проектування. Окрім того, удосконалив методи добору коефіцієнтів звукопоглинання для системи Catt-Acoustic, визначення опору повітряного потоку та синтезу акустичних матеріалів, що дає змогу підвищити точність та ефективність акустичних досліджень і проектування.

#### **4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій**

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені в дисертації, ґрунтуються на чітко сформульованих завданнях, інноваційних підходах до їх вирішення та систематичному аналізі отриманих результатів у контексті сучасного рівня досліджень. Отримані результати демонструють узгодженість із науково-технічною літературою та переваги над відомими аналогами. Достовірність і обґрунтованість висновків підтверджуються логічною послідовністю теоретичних досліджень, інформаційними моделями, практичними розрахунками, а також результатами експериментальних випробувань і їх практичного застосування. Застосовані методи забезпечують всебічну перевірку отриманих даних та дають змогу зробити обґрунтовані висновки щодо перспективності запропонованих підходів.

#### **5. Ступінь новизни основних результатів дисертаційної роботи порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру**

Вперше розроблено:

- інверсний метод визначення опору потокові повітря пористих матеріалів, використовуючи модель Мікі, який дав змогу представити коефіцієнти звукопоглинання в діапазоні чутних частот одним числом опором потоку повітря, що дало змогу порівнювати результати визначення коефіцієнтів звукопоглинання отриманими із імпедасної труби та лабораторної установки продуванням потоком повітря пористих матеріалів;
- інформаційну модель системи автоматизованого добору звукоізоляційних матеріалів, яка інтегрує базу даних акустичних матеріалів із автоматичною класифікацією, забезпечуючи адаптивний вибір матеріалів відповідно до вимог конструкцій, будівельних норм і типу приміщення, що підвищує універсальність та масштабованість системи та автоматизує експорт даних для подальшої обробки;
- модель конвертера для автоматизованого експорту геометричних моделей приміщень із системи SketchUp у систему Catt-Acoustic з автоматичним призначенням коефіцієнтів звукопоглинання матеріалів, що збільшує ефективність моделювання та узгодженість даних між системами;
- метод векторного імпульсно-частотного зондування приміщень, в якому інформативні сигнали акустометрії отримують шляхом формування наборів векторно-направлених одночастотних імпульсів звукових коливань та їх детектування кореляційними та автокореляційними методами частотної селекції, що забезпечує основи предметно-орієнтованого проектування (Domain-Driven Design) комп'ютерних систем акустометрії у відповідності до концепції повсюдного комп'ютингу UC (Ubiquitous Computing);

- метод оптимізації процесу сигнального перетворення, який забезпечує оптимізацією ширини імпульсу активуючих звукових коливань за критеріями параметрів поширення сигналу в досліджуваному середовищі, що дає змогу реалізувати автоматизовані системи проектування засобів акустометрії на основі завадостійкого векторного імпульсно-частотного зондування приміщень;
- метод синтезу імітаційних сигналів, який базується на SPICE макромоделях перехідних процесів, що дає змогу реалізувати системи автоматизованого проектування апаратно-програмних засобів акустометрії з розширеними можливостями, зокрема для машинного навчання з використанням нейронних мереж в задачах дослідження акустичних параметрів в приміщеннях з значним фоновим шумом;
- метод комплексної верифікації процесів та засобів дослідження акустичних параметрів приміщень, який поєднує етапи аналізу інформативності сигналів, впливу акустичного шуму, нелінійних спотворень, коректності процесу вимірювання та якості калібрування, що дає змогу забезпечити комплексність та достовірність функціонування комп'ютерних систем акустометрії та їх автоматизованого проектування.

Набув подальшого розвитку:

- метод електро-теплової аналогії та синтезу електро-акустичних моделей вимірювальних перетворювачів акустометрії, який на відміну від відомих, поєднує в єдиній макромоделі MEMS структури вимірювального перетворення тиску (P-Probe) та швидкості потоку (U-Probe) повітря, що дає змогу реалізувати системи автоматизованого проектування комплексних засобів акустометрії з функцією параметричного аналізу процесів формування інформативних сигналів електричного та акустичного імпедансів;
- метод структурно-функціонального синтезу вбудованої системи акустометрії на основі селективного підсилення заряду, який на відміну від відомих, поєднує кореляційне (мультиплікативне) перетворення та квадратурне (знакове) детектування з реалізацією в концепції програмованих систем на кристалі, що дає змогу забезпечити завадостійкість вимірювання зміни електричного заряду п'єзоелектричних перетворювачів формування інформативних сигналів параметрів низькочастотних вібрацій.

Удосконалено:

- метод добору коефіцієнтів звукопоглинання акустичних матеріалів для системи Catt-Acoustic, який полягає у зворотному визначенні коефіцієнтів звукопоглинання використовуючи формулу Сабіна і дає змогу за одну ітерацію досягнути точність визначення часу реверберації до 0.5 с;
- метод визначення опору потокові повітря, який описує залежність між швидкістю повітряного потоку та перепадом тиску ( $q(\Delta p)$ ), шляхом вибору діапазону даних для лінійної апроксимації використовуючи функцію залежності опору повітряному потоку до швидкості повітряного потоку, що дало змогу підвищити точність та повторюваність вимірювань порівняно з раніше використовуваним підходом;
- метод добору акустичних матеріалів, який дав змогу використовуючи інверсний метод дібрати товщину та опір потоку повітря пористого матеріалу для отримання необхідних коефіцієнтів звукопоглинання в заданому діапазоні частот.

## **6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації**

### **Монографії**

1. Голяка Р.Л., Лобур М.В., Мельник М. Р. Методи дослідження акустичних властивостей приміщень з покращеною селективністю : монографія / за ред. Р.Л. Голяки; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львівська політехніка». Львів: Новий-світ-2000, 2024. 245 с.
2. Мельник М. Р. Комплексні моделі вбудованих систем in-situ акустометрії. Системи вбудованої самодіагностики мікроелектронних сенсорних пристроїв : монографія / за ред. Р. Л. Голяки ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львівська політехніка». Львів: Новий-світ-2000, 2024. С. 182–237.
3. Андрійчук М. І., Лобур М. В., Мельник М. Р. Моделювання середовищ із заданими акустичними і електромагнітними характеристиками : монографія. Львів: СПОЛОМ, 2023. 272 с.
4. Pytel K., Noga H., Melnyk M. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie i środowisko naturalne oraz wybrane działania prewencyjne. Problemy ochrony i inżynierii środowiska : monografia / red. M. Banaś. Krakow: Wydaw. Akad. Górniczo-Hutniczej im. S. Staszica w Krakowie, 2023. S. 95–102.
5. Banaś M. Pytel K., Kosobutsky P., Lobur M., Melnyk M. Electromagnetic modelling of the optical systems : monografia. Kraków: Wydaw. Nauk. Uniw. Ped., 2021. 186 p.
6. Łukaszewicz A., Skorulski G., Melnyk M., Kernytsky A., Zdobyskyi A., Kolesnyk K. Engineering drawing education using CAD tools. CAD in machinery design. Implementation and educational issues. XXIX International Polish-Ukrainian conference : collective monograph. Kraków: Wydaw. AGH, 2023. P. 95–102.
7. Trochimeczuk R., Łukaszewicz A., Melnyk M., Kernytsky A. Design of mechatronics systems using CAx environment. Methods and tools in CAD - selected issues : monograph / Białystok Univ. of Technology. Białystok: Publ. House of Białystok Univ. of Technology, 2021. P. 7–14.

### **Статті у наукових фахових виданнях України**

8. Мельник М., Керницький А., Винарович Р., Шварц М., Попович І. Інформаційна система визначення рівня шуму на вибраних вулицях міста Львова. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі. 2024. Вип. 16. С. 121–132.
9. Мельник М., Винарович Р., Гасюк Ю., Шварц М. Удосконалення навігаційної системи пристрою дефектоскопії підземних труб. Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2024. Вип. 6, № 1. С. 117–126.
10. Мельник М., Сало Ю. Математична модель локалізації поширення інфразвукового сигналу. Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2024. Вип. 6, № 1. С. 169–177.
11. Melnyk M., Patereha Yu. Prediction of the occurrence of stroke based on machine learning models. Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2024. Вип. 6, № 1. С. 17–27.
12. Гасюк Ю., Йовбак А., Мельник М., Винарович Р., Попович І. Проблеми безпеки в системах розумного дому. Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2023. Вип. 5, № 1. С. 71–81.

13. Melnyk M., Pytel K., Orynychak M., Tomyuk V., Havran V. Analysis of artificial intelligence methods for rail transport traffic noise detection. *Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика*. 2022. Вип. 4, № 1. С. 107–116.
14. Андрійчук М. І., Мельник М. Р. Синтез плоских хвилеводних антенних решіток з урахуванням взаємного впливу випромінювачів. *Вісті вищих учбових закладів. Радіоелектроніка*. 2021. Т. 64, № 9. С. 538–549.
15. Гавран В., Мельник М., Оринчак М. Дослідження методів прогнозування рівня шуму від рейкових транспортних засобів на прикладі м. Львова. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. Серія: Інформаційні системи та мережі. 2021. Вип. 10. С. 33–40.
16. Melnyk M., Kernyskyu A., Lobur M. Comparison of methods for measuring reverberation time. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. Серія: Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2019. № 908. С. 11–17.
17. Мельник М., Керницький А., Рубаха Я., Камісінські Т. Метод визначення опору потоку повітря пористих матеріалів на основі коефіцієнтів звукопоглинання. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. Серія: Інформаційні системи та мережі. 2018. Вип. 6. С. 52–65.
18. Melnyk M., Kamisiński T., Kernyskyu A., Lobur M. Automated evaluation of acoustical quality of opera houses and concert halls by beranek's method. *Visnyk of Lviv Polytechnic National University. Series: Computer Design Systems. Theory and Practice*. 2017. No. 882. P. 57–63.
19. Мельник М. Р., Винарович Р. І., Квасниця Т. Р., Керницький А. Б. Проектування всеспрямованого джерела звуку для автоматизації процесу акустичних вимірювань. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2017. № 2 (38). С. 97–106.
20. Мельник М. Р., Керницький А. Б., Рубаха Я., Камісінські Т. Розроблення конвертера 3D-моделей приміщень з системи SketchUP у систему Catt-Acoustic. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. Серія: Інформаційні системи та мережі. 2018. № 901. С. 89–96.
21. Melnyk M., Martynyak A., Kernyskyu A. Reverberation time study of an auditorium. *Bulletin of Lviv Polytechnic Nat. University. Series: Computer Design Systems. Theory and Practice*. 2016. No. 859. P. 56–61.
22. Мельник М., Керницький А. Інформаційна модель бази даних акустичних матеріалів. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2017. № 1 (37). С. 118–128.
23. Мельник М. Р., Керницький А. Б. Дослідження методів визначення часу реверберації T20. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2017. № 1 (37). С. 102–109.
24. Melnyk M., Kernyskyu A., Zajac P., Szermer M., Maj C., Zabierowski W. Optimization of microelectric actuator design using golden section search to get the defined output characteristics. *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: Computer Design Systems. Theory and Practice*. 2014. No. 808. P. 77–84.

**Статті у наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлена дисертація, та у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus, Web of Science**

25. Plecinski P., Bokla N., Klymkovych T., Melnyk M., Zabierowski W. Comparison of representative microservices technologies in terms of performance for use for projects based on sensor networks. *Sensors (Switzerland)*. 2022. Vol. 22, iss. 20. 7759.

26. Kalwar A., Kurdziel F., Pytel K., Gumula S., Lobur M., Melnyk M. The use of information systems for regulation of gas engine operating parameters. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1016 : CAD in machinery design: implementation and educational issues CADMD 2020, Lviv, Ukraine, 26-27 Nov. 2020. 012020.
27. Melnyk M., Kernyskyy A., Mykhalyna Y., Pytel K. Experimental study of the time of reverberation of a sacred building having a cruciform architecture. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1016 : CAD in machinery design: implementation and educational issues CADMD 2020, Lviv, Ukraine, 26-27 Nov. 2020. 012023.
28. Iwaniec J., Litak G., Iwaniec M., Margielewicz J., Gaska D., Melnyk M., Zabierowski W. Response identification in a vibration energy-harvesting system with quasi-zero stiffness and two potential wells. Energies. 2021. Vol. 14, iss. 13. 3926.
29. Andriychuk M., Melnyk M. Synthesis of plane waveguide arrays taking into account mutual coupling of radiators. Radioelectronics and Communications Systems. 2021. Vol. 64, iss. 9. P. 471–481.
30. Rubacha J., Kinash R., Kamisiński T., Binek W., Baruch K., Chojnacki B., Pilch A., Melnyk M. Analysis of the acoustic parameters of the Maria Zankovetska theatre in the Lviv before and after modernisation of the audience. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 471, iss. 8. : 3rd World multidisciplinary civil engineering, architecture, urban planning symp. WMCAUS 2018, Prague, Czech Republic, 18-22 June 2018. 145505.
31. Melnyk M., Kernyskyy A., Lobur M. Comparison of methods for measuring reverberation time. Machine Dynamics Research. 2018. Vol. 42, No. 2. P. 27–34.
32. Melnyk M., Kernyskyy A., Stefanskyy A. Development of CAD structure for design of aerostatic complex. Machine Dynamics Research. 2013. Vol. 37, No. 3. P. 61–65.
33. Melnyk M., Salo Y., Timofiejczuk A., Sitek W., Popovych I., Vynarovych R. Mathematical model for attenuated infrasound wave propagation. 2024 29th IEEE Intern. seminar/workshop “Direct and inverse problems of electromagnetic and acoustic wave theory” DIPED 2024, Tbilisi, Georgia, 11-13 Sept. 2024. P. 231–235.
34. Klymkovych T., Bokla N., Matviykiv O., Stakhiv V., Melnyk M. Numerical simulation and analysis of the acoustic standing wave field stability in acoustofluidic microchannel. 2022 18th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2022, Polyana, Ukraine, 7-11 Sept. 2022. P. 57–60.
35. Andriychuk M., Melnyk M., Orynychak M. Investigation of response from the micro objects of complex shape irradiated by acoustic wave. 2023 IEEE 17th Intern. conf. on the experience of designing and application of CAD systems CADSM 2023: proc., Jaroslaw, Poland, 22-25 Febr. 2023. P. 18–22.
36. Bokla N., Klymkovych T., Matviykiv O., Stakhiv V., Melnyk M. Design and simulation of microfluidic Lab-chip for detecting heavy metals in water samples. 2021 17th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2021, Polyana, Ukraine, 12-16 May 2021. P. 46–49.
37. Orynychak M., Melnyk M., Havran V. Methods for forecasting the noise level of rail vehicles. 2021 26th IEEE Intern. seminar/workshop “Direct and inverse problems of electromagnetic and acoustic wave theory” DIPED 2021, Tbilisi, Georgia, 8-10 Sept. 2021. P. 253–256.
38. Matviykiv O., Klymkovych T., Bokla N., Lobur M., Melnyk M., Timofiejczuk A. Simulation of acoustophoretic separation of microplastic particles in mkFluidic Lab-chip. 2020 16th

- IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2020, Lviv, Ukraine, Apr. 22–26, 2020. P. 123–126.
39. Guzowski B., Gozdur R., Melnyk M., Lobur M., Matviykyv O. Efficiency evaluation of photovoltaic power converters for ultra-low power supply systems. 2019 IEEE XVth Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2019, Polyana, 22-26 May 2019. P. 56–60.
  40. Melnyk M., Kamisinski T., Rubacha J., Majchrzak A. Application of MEMS sensors to the automation of a laboratory stand for the measurement of the flow resistance of porous materials. 2018 14th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2018, Lviv. Ukraine, 18-22 Apr. 2018. P. 28–34.
  41. Depa K., Melnyk O., Melnyk M., Bokla N., Lobur M. The autonomous power supply for systems of acoustic climate control and traffic flows. 2018 14th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2018, Lviv. Ukraine, 18-22 Apr. 2018. P. 268–271.
  42. Melnyk M., Kernyskyy A., Rubacha J., Kamisiński T. SketchUP to Catt-Acoustic converter of interior design 3D models. 2018 23rd IEEE Intern. seminar/workshop “Direct and inverse problems of electromagnetic and acoustic wave theory” DIPED 2018, Tbilisi, Georgia, 24-27 Sept. 2018. P. 165–169.
  43. Melnyk M., Kernyskyy A., Pukach P. Development of subsystems for reverberation time definition in lecture auditorium. 2017 IEEE 14th Intern. conf. on the experience of designing and application of CAD systems CADSM 2017:proc., Lviv - Polyana, Ukraine, 21-25 Febr. 2017. P. 354–356.
  44. Diveyev B., Konyk S., Melnyk M., Vysocka C. Acoustical performance of layered beams in the lower frequency range. 2017 13th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2017, Lviv. Ukraine, 20-23 Apr. 2017. P. 91–95.
  45. Melnyk M., Basalkevych O. Identification of moving objects in video by means of a graph model. 2016 12th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2016, Lviv - Polyana, Ukraine, 20-24 Apr. 2016. P. 170–174.
  46. Knapkiewicz P., Melnyk M., Teslyuk V., Dziuban J., Lobur M., Szermer M. Mechatronic laboratory stand. 2016 12th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2016, Lviv - Polyana, Ukraine, 20-24 Apr. 2016. P. 31–33.

**Статті у наукових періодичних виданнях України, що додатково відображають результати дисертаційних досліджень**

47. Melnyk M. Development of a method for automated selection of sound absorption coefficients. Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Computer Design Systems. Theory and Practice. 2019. Issue 1 No. 1. P. 61–70.

**Статті в матеріалах конференцій, які індексовані у наукометричних базах Scopus та Web of Science**

48. Melnyk M., Vynarovych R., Kvasnytsya T., Lobur M. Designing of omnidirectional speaker for automation of acoustic measurement process. 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET) : proceedings of 14th International conference, 20–24 Feb., 2018, Lviv, Slavske, Ukraine. 2018. P. 380–383.
49. Melnyk M., Lobur M., Kernyskyy A., Szermer M., Zajac P., Maj C., Zabierowski W. Custom method for automation of microbolometer design and simulation. 2015 22nd International



Conference Mixed Design of Integrated Circuits & Systems MIXDES 2015: proc., Toruń, Poland, 25–27 June, 2015. P. 301–304.

50. Melnyk M., Kernytskyy A., Lobur M., Zajac P., Maj C., Zabierowski W., Szermer M., Napieralski A. Applying the golden section search in optimization of micro actuator design. Intern. conf. on the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics CADSM 2015, Lviv - Polyana, Ukraine, 24-27 Feb. 2015. P. 53–56.
51. Melnyk M., Teslyuk V., Dziuban J., Knapkiewicz P., Kernytskyy A., Lobur M. Comparative analysis of simulation results and experimental data of deflection of silicon membrane of MEMS pressure sensor. 2015 XI International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design MEMSTECH 2015, Lviv - Polyana, Ukraine, 2-6 Sept. 2015. P. 14–17.
52. Melnyk Mykhaylo, Denysyuk Pavlo, Kernytskyy Andriy, Savitska Olha. System for student knowledge control. 2013 12th Int. Conf. on the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics CADSM 2013, Polyana, Ukraine, 19-23 Feb. 2013. P. 451–452.
53. Melnyk M., Lobur M., Kernytskyy A., Szermer M., Zajac P., Zabierowski W. Application of a genetic algorithm for dimension optimization of the MEMS-based accelerometer. Proceedings of the 20th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems - MIXDES 2013, Gdynia, Poland, 20-22 June. 2013. P. 352–354.

#### **Праці, що опубліковані в збірниках тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій**

54. Kernytskyy O., Kernytskyy A., Melnyk M., Łukaszewicz A., Banaś M., Pytel K. Software development methods of reverse engineering used in mechanical systems // CAD in machinery design. Implementation and educational issues : proceedings of the XXXI International conference CADMD 2023, Supraśl, Poland, 26-28 October, 2023. P. 58.
55. Mykhaylo Melnyk, Andriy Kernytskyy, Mykhaylo Lobur, Andriy Zdobytskyj, Andrzej Łukaszewicz, Krzysztof Pytel. Investigation of sound level meters accuracy in determining the equivalent sound level. XXIX International Polish-Ukrainian Conference CAD in Machinery Design Implementation and Educational Issues CADMD 2021, Krakow, Poland, 9-10 Dec. 2021. P. 22.
56. Mariia Orynychak, Volodymyr Havran, Mykhaylo Melnyk. Tram noise level determination analysis case study from Lviv. XXIX Int. Polish-Ukrainian Conf. CAD in Machinery Design Implementation and Educational Issues CADMD 2021, Krakow, Poland, 9-10 Dec. 2021. P. 31-32.
57. Rubacha Jaroslaw, Kinash Roman, Kamisiński Tadeusz, Binek Wojciech, Baruch Katarzyna, Chojnacki Bartłomiej, Pilch Adam, Melnyk Mykhalo. Analysis of the acoustic parameters of the Maria Zankovetska theatre in the Lviv before and after modernisation of the audience // World multidisciplinary civil engineering-architecture-urban planning : symposium : abstract collection book, Prague (Czech Republic), 18–22 June 2018. – 2018. – C. 562.
58. Mykhaylo Melnyk, Andriy Kernytskyy, Muhaylo Lobur. Comparison of methods for measuring reverberation time. XXV Polish-Ukrainian conference on "CAD in machinery design-implementation and educational problems" : book of abstracts, Bielsko Biala, Poland, October 20-21, 2017. P. 29–30.
59. Kernytskyy A., Melnyk M., Denysyuk P. Support of CAD design with cloud-based knowledge management. Proceedings of the XXIV Ukrainian-Polish conference "CAD in machinery

- design. Implementation and educational issues" CADMD'2016, Lviv, Ukraine, 21-22 October. 2016. P. 77.
60. Melnyk M., Lobur M., Kernytskyy A., Szermer M., Zajac P., Zabierowski W. Study of characteristics of MEMS thermo-electric actuators. Proceedings of Xth Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2014, Lviv, Ukraine, 22-24 June. 2014. P. 39–41.
  61. P. Zajac, M. Szermer, W. Zabierowski, M. Melnyk, O. Matviykyv, A. Napieralski, M. Lobur, C. Maj. Study of dynamic thermal phenomena during readout of uncooled titanium-based microbolometer. Proceedings of IXth Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2013, Polyana, Ukraine, 16-20 April. 2013. P. 40–42.
  62. Teslyuk V., Melnyk M., Kernytskyy A., Zajac P., Szermer M., Zabierowski W. Subsystem for the computer-aided thermo-actuator design // Perspective Technologies and Methods in MEMS Design : proceedings of VIIIth International Conference MEMSTECH 2012, Polyana, Ukraine, 18-21 April, 2012. P. 197–200.
  63. Melnyk M., Kernytskyy A. Modification of image background search algorithm. Proceeding of the XX Ukrainian-Polish conference "CAD in machinery design. Implementation and educational issues". CADMD'2012 Lviv, Ukraine, 11-13 October. 2012. P. 108-111.
  64. Melnyk M., Kernytskyy A., Łukaszewicz A. Development of pattern stabilization algorithm Proceeding of the XX Ukrainian-Polish conference "CAD in machinery design. Implementation and educational issues". CADMD'2012 Lviv, Ukraine, 11-13 October. 2012. P. 101-104.
  65. Маркелов О. Е., Мельник М. Р., Косовський В. М. Систематизований огляд програмних засобів обробки звукових даних // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології : матеріали II Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2012 (Тернопіль, 04-05 травня 2012). – 2012. – С. 121–123.

#### **7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо**

Основні результати досліджень, які викладено у дисертації, представлено на таких міжнародних наукових конференціях: XXIX International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED 2024, Tbilisi, Georgia, 2024); XVIII International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2022, Polyana, Ukraine, 2022); XVII International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2021, Polyana, Ukraine, 2021); XXVII IEEE International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM 2023, Jaroslaw, Poland, 2023); XVI IEEE International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM 2019, Polyana, Ukraine, 2019); XV IEEE International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2019, Polyana, Ukraine, 2019); XIV IEEE International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM 2017, Lviv - Polyana, Ukraine, 2017); XII International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2016, Lviv - Polyana, Ukraine, 2016); 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET 2018, Lviv - Slavske, Ukraine, 2018); 22nd International Conference on Mixed Design of Integrated Circuits and Systems (MIXDES 2015, Toruń, Poland, 2015); XIII International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM 2015, Lviv - Polyana, Ukraine, 2015); XI International

Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2015, Lviv - Polyana, Ukraine, 2015); XXIX International Polish-Ukrainian Conference on CAD in Machinery Design. Implementation and Educational Issues (CADMD 2021, Kraków, Poland, 2021); World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS 2018, Prague, Czech Republic, 2018); XXV Polish-Ukrainian Conference on CAD in Machinery Design-Implementation and Educational Problems (CADMD 2017, Bielsko-Biala, Poland, 2017); VIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2012, Polyana, Ukraine, 2012).

#### **8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати**

Наукове значення виконаного дисертаційного дослідження полягає в розробленні методів і моделей автоматизації проектування акустичних систем, зокрема оптимізації процесу сигнального перетворення за критеріями параметрів поширення сигналу в середовищі, а також електро-теплової аналогії та синтезу електро-акустичних моделей вимірювальних перетворювачів акустометрії. Отримані результати використовуються в освітньому процесі Національного університету «Львівська політехніка» при підготовці фахівців першого (бакалаврського) рівня спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

#### **9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані**

Створено комплекс методів, моделей та алгоритмів, спрямованих на вдосконалення акустичних характеристик приміщень, зокрема театральних залів. Розроблено інверсний метод визначення опору потокові повітря пористих матеріалів на основі моделі Мікі, який використовується для точного порівняння коефіцієнтів звукопоглинання, визначених за допомогою імпедансної труби та установки продуванням потоку. Модифіковано лабораторний стенд вимірювання опору потоку пористих матеріалів із застосуванням MEMS-давачів, що дало змогу підвищити точність вимірювань. Дані рішення впроваджені у лабораторії технічної акустики, Гірничо-металургійної академії імені С.Сташиця. Проведено експериментальні дослідження для оптимізації акустичних параметрів театральних просторів, зокрема для оцінки часу реверберації T20, індексу чіткості C80 та індексу передачі мови STI. Отримані результати впроваджено в практику акустичного аналізу та при акустичних дослідженнях театру ім. Марії Заньковецької у м. Львів.

#### **10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення**

Дисертація має чітко визначену та логічно побудовану структуру, що відповідає вимогам до оформлення наукових робіт, затверджених МОН України. Робота складається з анотації, вступу, восьми основних розділів, висновків, додатків та списку використаної літератури. Кожен із розділів містить чіткий опис досліджуваних питань, їх аргументацію та отримані результати, що забезпечує послідовність викладення наукового матеріалу.

Мова дисертації є науковою, чіткою і зрозумілою. Використано сучасну термінологію, що відповідає специфіці тематики дослідження, зокрема в галузі автоматизації проектування та акустичних систем. Стиль викладення характеризується стислістю та конкретністю, що сприяє легкому сприйняттю матеріалу, водночас зберігаючи науковий стиль.

**11. У докторській дисертації “Моделі, методи та засоби дослідження та покращення акустичних властивостей закритих приміщень” матеріали кандидатської дисертації “Моделі та методи автоматизованого проектування шумозахисних екранів” Мельника Михайла Романовича не використовувались.**

**12. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту**

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.13.12 *Системи автоматизації проектувальних робіт* у частині її формули та основних напрямків досліджень, зокрема: «Алгоритмізація завдань проектування, проблемна адаптація САПР», «Математичне моделювання й аналіз технічних об'єктів у САПР, зокрема методи ідентифікації об'єктів, декомпозиція та макромоделювання, чисельно-аналітичні методи аналізу об'єктів на мікро- та макрорівнях, моделювання логічних і функціональних схем дискретних пристроїв», «Синтез описів технічних об'єктів у САПР, зокрема: методи структурного аналізу та параметричної оптимізації, методи синтезу технічних розв'язань, компоновання та розміщення структурних елементів, трасування комунікацій, синтез логічних схем», «Пакети прикладних програм автоматизованого проектування», «Системи підтримки прийняття проектних рішень, експертні системи в САПР».

**У ході обговорення дисертаційної роботи, до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.**

**13. З урахуванням зазначеного ухвалили:**

**13.1.** Дисертація Мельника Михайла Романовича «Моделі, методи та засоби дослідження та покращення акустичних властивостей закритих приміщень» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано актуальну наукову проблему, розроблення моделей, методів та засобів для оцінки звукопоглинання акустичних матеріалів, а також створення систем автоматизованого добору матеріалів та їх синтезу з метою оптимізації акустичних характеристик закритих приміщень, що має важливе значення для спеціальності 05.13.12 *Системи автоматизації проектувальних робіт*.

**13.2.** Основні наукові положення та нові науково обґрунтовані результати, висновки та практичні розробки, викладені у дисертаційній роботі, є логічними, послідовними, аргументованими та достатньо обґрунтованими. Дисертація характеризується чіткою структурою, науковою новизною та єдністю змісту.

**13.3.** У 65 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, зокрема у 7 - монографіях, 17 статтях у наукових фахових виданнях України, 22 статтях у наукових періодичних виданнях інших держав та у виданнях включених до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 6 статтях у матеріалах конференцій, які індексовані у наукометричних базах даних Scopus та Web of Science, 1 стаття у наукових періодичних виданнях України, що додатково відображають результати дисертаційних досліджень, 12 праць, що опубліковані в збірниках тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій.

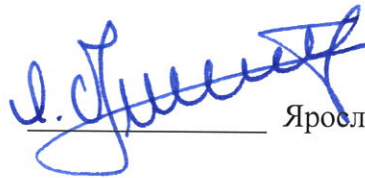
**13.4.** Докторська дисертація Мельника Михайла Романовича, підготовлена за спеціальністю 122 *Комп'ютерні науки*, відповідає паспорту спеціальності 05.13.12 *Системи автоматизації проектувальних робіт* (Перелік наукових спеціальностей, затверджений наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 14 вересня 2011 року №1057), а також вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук 7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою КМУ № 1197 від 17.11.2021 р.

13.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

13.6. Із урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Мельника Михайла Романовича дисертаційна робота «Моделі, методи та засоби дослідження та покращення акустичних властивостей закритих приміщень» рекомендується до розгляду у спеціалізованій вченій раді.

Рецензенти:

Професор кафедри систем  
автоматизованого проектування,  
д.т.н., професор



Ярослав СОКОЛОВСЬКИЙ

Професор кафедри систем  
автоматизованого проектування,  
д.т.н., с.н.с.



Олена СТАНКЕВИЧ

Професор кафедри систем  
автоматизованого проектування,  
д.т.н., професор



Карл ВАСИЛІВ